Aus der Frauenklinik und Poliklinik der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. K.-H. Wulf

Über die Beziehung zwischen Verhaltenszustand und Atembewegungen beim menschlichen Feten

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Ulrich Troester

aus Stuttgart

Würzburg, den 30. November 1981

1982

Aus der Frauenklinik und Poliklinik der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. K.-H. Wulf

Über die Beziehung zwischen Verhaltenszustand und Atembewegungen beim menschlichen Feten

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Ulrich Troester

aus Stuttgart

Würzburg, den 30. November 1981

Referent: Professor Dr. med. H.-D. Junge

Korreferent: Professor Dr. med. K.-H. Wulf

Dekan: Professor Dr. med. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 4.2.1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Eigene Untersuchungen	
	A. Untersuchungsplan	6
	B. Material und Methode	6
	C. Untersuchungsergebnisse	9
III.	Diskussion	29
IV.	Zusammenfassung	33
V.	Literaturverzeichnis	35

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543522_0070

Einleitung

Fetale Atembewegungen haben schon seit Jahrhunderten das wissenschaftliche Interesse auf sich gezogen. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden Bewegungen des Thorax und des Abdomen bei Hunde- und Katzenfeten beschrieben. Die Untersuchung fetaler Atembewegungen bei Tierfeten wurde bis in die Gegenwart in großer Zahl und mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt. Dawes und Mitarbeiter (6) und Merlet und Mitarbeiter (18) konnten 1970 durch Langzeituntersuchungen am fetalen Schaf den Beweis erbringen, daß unter normalen Bedingungen fetale Atembewegungen vorhanden sind.

Die ersten Beobachtungen an Tierfeten wurden am geöffneten Uterus in unphysiologischer Umgebung und unter unnatürlichen Versuchsbedingungen durchgeführt. Diesen Nachteil versuchte man zu beseitigen, indem man die Tierfeten in der Fruchtblase in warmem Salzwasser liegend beobachtete oder nach Implantation von Meß-Sonden in den Uterus zurückverlegte. Diese Untersuchungen brachten grundlegende Kenntnisse über die physiologischen Grundlagen fetaler Atembewegungen bei Tierfeten. Die Atembewegungen kommen durch die Kontraktion der Atemmuskulatur des Feten zustande, ohne daß hierbei ein Gasaustausch stattfindet. Beim Schaffeten ist eine Beziehung zwischen dem Auftreten der fetalen Atembewegungen und der Blutzuckerkonzentration des Muttertieres zu erkennen, wobei die Zahl der Atembewegungen bei niederem Blutzuckerspiegel gering ist und bei Ansteigen der Blutzuckerkonzentration zunimmt. Unter dem Einfluß von Nikotin nimmt die Zahl der fetalen Atembewegungen bei Tierfeten ab (9, 14). Das Ansteigen und Absinken der Herzfrequenz parallel zur Inspirations- und Exspirationsphase der Atembewegungen beim fetalen Rhesusaffen in Form einer respiratorischen Arrhythmie zeigt eine Beziehung zwischen fetalem Atemzentrum und fetalem Kreislaufzentrum (17).

Es ist bekannt, daß die Zahl der Atembewegungen bei Gefährdung der Tierfeten durch Hypoxie und Azidose abnimmt oder Atembewegungen vollständig fehlen und daß kurz vor dem intrauterinen Absterben der Tierfeten charakteristische Muster von Atembewegungen auftreten.

Andere Untersuchungen zeigten, daß bei Feten von Schaf und Rhesusaffen ein Ruhe- und Aktivitätszyklus mit ruhigem und aktivem Schlaf vorhanden ist, wobei die fetalen Atembewegungen nur während der aktiven Schlafphasen auftreten.

Der deutsche Gynäkologe Ahlfeld (1) begann 1888 eine Reihe von Publikationen über fetale Atembewegungen beim Menschen mit einem Bericht über die Beobachtung periodisch auftretender rhythmischer Bewegungen des mütterlichen Abdomen. Ahlfeld nahm an, es handle sich bei den beobachteten Bewegungen um fetale Atembewegungen, deren Zweck es sei, die Entwicklung der Atemorgane zu fördern. Diese Meinung stieß bei vielen seiner Zeitgenossen, die sichtbare Beweise für intrauterine Atembewegungen des Feten forderten, auf Ablehnung.

Ahlfeld zeichnete Kurven der von ihm beobachteten Bewegungen mit Hilfe eines Kymographen durch mechanische Ableitung von der mütterlichen Bauchwand. Diese Methode fand in jüngster Zeit wieder Anwendung (27). Der Erfolg dieser Methode hängt ab von der direkten Übertragung der fetalen Atembewegungen auf die mütterliche Bauchwand. Auch ist die Bewegungsamplitude und die Stärke der mütterlichen Bauchdecke von Bedeutung.

Zur wissenschaftlichen Untersuchung fetaler Atembewegungen beim Menschen wurden im letzten Jahrzehnt verschiedene Ultraschall-Techniken eingesetzt und weiterentwickelt. Die ersten Untersuchungen wurden mit Hilfe der Ultraschall-A-Bild-Technik durchgeführt (3). Die Ultraschall-A-Bild-Technik ist ein eindimensionales Ultraschall-Verfahren. Das Echo eines ausgesandten Ultraschall-Impulses entsteht durch Reflexion an einer Grenzfläche und bewirkt die Auslenkung eines

Elektronenstrahles, der mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über eine Kathodenstrahlröhre geführt wird. Bei der weiterentwickelten Ultraschall-M-mode-Technik erfolgt die Reflexion des Ultraschall-Impulses an sich bewegenden Grenzflächen, wodurch ein sich bewegender Bildpunkt am Bildschirm entsteht, der als Kurve auf Papierstreifen fortlaufend aufgezeichnet werden kann. Bei diesem Verfahren werden die Bewegungen des fetalen Thorax und Abdomen dem Untersucher indirekt zugänglich. Verschiedene andere Bewegungsquellen von Seiten des Feten und der Mutter wie Körperbewegungen, Aortenpulsation oder mütterliche Atmung erzeugen ähnliche Kurvenbilder wie die fetalen Atembewegungen. Um die fetalen Atembewegungen zahlenmäßig und zum Zeitpunkt ihres Auftretens genau erfassen zu können, besteht daher die Notwendigkeit, die Atembewegungen von anderen Bewegungen seitens der Mutter oder des Feten zu unterscheiden. Diese Unterscheidung ist beim Ultraschall-A-Bild-Verfahren nicht sicher möglich, da der fetale Körper selbst auf dem Bildschirm nicht beobachtet werden kann.

Das Ultraschall-B-Bild erzeugt ein zweidimensionales Schnittbild, dessen Bildzeilen durch zahlreiche in einer Ebene liegende eindimensionale Ultraschall-Strahlen aufgebaut werden. Je nach Einstellung des Ultraschall-Aufnehmers wird der fetale Körper in verschiedenen Schnittbildern auf dem Bildschirm sichtbar. Die Real-time-B-Bild-Technik ermöglicht einen sehr schnellen Bildaufbau, eine rasche Bildfolge und damit die zeitlich reale Beobachtung der Bewegungen des Feten. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, daß die Atembewegungen des Feten durch einen ganz bestimmten Bewegungsablauf von Brust- und Bauchwand, Zwerchfell sowie durch eine Änderung der Lungenfelddichte auf dem Ultraschall-Bildschirm zu erkennen sind (4, 5, 12, 15, 20, 23, 28). Durch diesen spezifischen Bewegungsablauf sind Atembewegungen von anderen fetalen Bewegungen gut zu unterscheiden. Rotierende Bewegungen des Feten um

die Körperachse können jedoch das Erkennen fetaler Atembewegungen verhindern. Mit der Einführung der Ultraschall-B-Bild-Technik erkannte man, daß die mit der Ultraschall-A-Bild-Technik gemessene Zahl von Atembewegungen zu groß war.

Als weiteres Verfahren zur Untersuchung fetaler Atembewegungen wurde das Ultraschall-Doppler-Verfahren angewandt. Die Bewegungen des Feten erzeugen eine Zu- oder Abnahme der Frequenz des reflektierten Ultraschalles, die als Signal hörbar wird oder auch aufgezeichnet werden kann. Die Möglichkeiten des Doppler-Verfahrens liegen darin, auch geringe Atembewegungen, ihre Frequenz und Frequenzänderung als Variabilität der Atemaktivität zu erfassen. Auch bei diesem Verfahren lassen sich Atembewegungen von anderen Körperbewegungen des Feten nicht sicher unterscheiden.

Die Untersuchung fetaler Atembewegungen beim Menschen findet seit Jahren großes wissenschaftliches und klinisches Interesse, da man sich aus der Überwachung fetaler Atembewegungen Hinweise auf den Gesundheitszustand des Feten verspricht. Um fetale Atembewegungen routinemäßig überwachen und damit möglicherweise eine Gefährdung des Feten rechtzeitig erkennen und therapeutisch beeinflussen zu können, sind genaue Kenntnisse über die physiologischen Grundlagen fetaler Atemaktivität beim Menschen notwendig. Auch beim menschlichen Feten sind die Atembewegungen Ausdruck einer Kontraktion der fetalen Atemmuskulatur ohne Gasaustausch. Beim Menschen ist ein niederer Blutzuckerspiegel der Mutter mit einer geringen Anzahl der Atembewegungen des Feten verbunden. Der Blutzuckeranstieg der Mutter nach Nahrungsaufnahme oder nach Trinken einer Glukoselösung erhöht offensichtlich die Zahl der Atembewegungen des Feten. Man findet in der zweiten und dritten Stunde nach Nahrungsaufnahme oder Glukosetrunk bei hohem Blutzuckerspiegel der Mutter eine hohe Anzahl der Atembewegungen des Feten (12, 19, 28). Es ist anzunehmen,

daß die Beobachtung fetaler Atembewegungen zu diesem Zeitpunkt am meisten Erfolg verspricht. Nikotin vermindert beim Menschen die Anzahl der fetalen Atembewegungen (9, 14). Eine Beziehung scheint auch beim Menschen zwischen fetalem Atemzentrum und fetalem Kreislaufzentrum zu bestehen. Die fetale Herzfrequenz zeigt ein Ansteigen und Absinken parallel zur Inspirations- und Exspirationsphase der Atembewegungen in Form einer respiratorischen Arrhythmie (26).

Beim Neugeborenen sind unterschiedliche Verhaltenszustände als Schlaf- und Wachphasen bekannt, die in Form eines Ruhe- und Aktivitäts-Zyklus auftreten und vermutlich im Zusammenhang mit der zentralnervösen Koordination stehen. Die Verhaltenszustände sind durch bestimmte Muster der Herzfrequenz und Bewegungsaktivität charakterisiert. Diese charakteristischen Herzfrequenz- und Bewegungsmuster lassen sich auch beim Feten nachweisen. Hieraus kann man schließen, daß auch beim Feten unterschiedliche, durch zentralnervöse Koordination beeinflußte Verhaltenszustände auftreten, die durch gleichzeitiges Aufzeichnen der Herzfrequenz und der Körperbewegungen erkannt werden können (10, 11). Nach Junge beträgt die durchschnittliche Dauer der ruhigen Schlafphasen 20.4 Minuten und der aktiven Schlafphasen 56.6 Minuten. Untersuchungen fetaler Atembewegungen beim Menschen lassen vermuten, daß eine Gefährdung des Feten durch Hypoxie mit einer verminderten Anzahl von fetalen Atembewegungen verbunden ist.

Den bisherigen Untersuchungen über fetale Atembewegungen beim Menschen liegen meist nur Beobachtungszeiträume von 30 Minuten zugrunde, während derer die Untersuchungszeit mit Atembewegungen bestimmt und der Einschätzung des fetalen Gesundheitszustandes als Maßstab zugrunde gelegt wird. Es stellt sich die Frage, ob beim Menschen fetale Atembewegungen nur im Verlauf bestimmter Verhaltenszustände auftreten und ob damit

der Zeitanteil mit Atembewegungen, abgesehen vom fetalen Gesundheitszustand und anderen noch unbekannten Faktoren, von unterschiedlichen Verhaltenszuständen des Feten während der Untersuchung beeinflußt wird. Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, dieser Frage nachzugehen und das Auftreten fetaler Atembewegungen im Verlauf verschiedener Verhaltenszustände bei Feten von gesunden Schwangeren am Ende der Schwangerschaft zu untersuchen.

Eigene Untersuchungen

A. Untersuchungsplan

Aufzeichnung und Auswertung fetaler Atembewegungen und fetaler Verhaltenszustände beim Menschen.

B. Material und Methode

Für diese Untersuchung wurden 20 schwangere Frauen im Alter von 17 bis 33 Jahren ausgesucht. In 18 Fällen bestand die Schwangerschaft in der 38. - 41. Schwangerschaftswoche und in 2 Fällen in der 36. Schwangerschaftswoche. Alle Schwangeren hatten einen normalen Schwangerschaftsverlauf. Alle Untersuchungen wurden innerhalb von 5 Wochen vor der Entbindung durchgeführt. Neunzehn Neugeborene wurden in gutem gesundheitlichen Zustand entbunden. Ein Neugeborenes wurde mit Unreifezeichen und einem Körpergewicht von 1860 Gramm in der 37. Schwangerschaftswoche entbunden. Die Untersuchungen wurden in den Mittagsstunden durchgeführt. Ungefähr 30 - 45 Minuten vor der Untersuchung wurde ein Trank mit 50 Gramm Glukose gegeben. Rauchen war vor und während der Untersuchung nicht erlaubt. Die Untersuchung fand in einem ruhigen und abgedunkelten Raum statt.

Zur Registrierung der fetalen Herzfrequenz wurde das abdominale Elektrokardiogramm* mit 3 Elektroden abgeleitet, die diagonal über das mütterliche Abdomen und am Oberschenkel verteilt wurden. Die Überwachung und Registrierung fetaler Atembewegungen und Körperbewegungen erfolgte mit einem `ADR real-time-B-scan´Ultraschall-Gerät**, mit einer Aufnehmer-Frequenz von 3,5 MHz, kombiniert mit einem TD-Recorder zur analogen Aufzeichnung der fetalen Atembewegungen (16). Der Ultraschall-Aufnehmer wurde so auf das mütterliche Abdomen aufgesetzt, daß Bewegungen des Feten im Querschnitt auf Höhe der fetalen Leber beobachtet werden konnten. Atembewegungen wurden nach bestimmten Merkmalen ihres Bewegungsablaufes von anderen fetalen Körperbewegungen unterschieden. Die Atembewegungen stellten sich dar als Annäherung der seitlichen unteren Thoraxanteile des Feten bei gleichzeitiger Auswärtsbewegung der vorderen Bauchwand (4, 5, 15).

Die Aufzeichnung fetaler Atembewegungen mit dem TD-Recorder war nur bei einem Teil der Untersuchungen erfolgreich. Daher wurden die auf dem ADR-Bildschirm beobachteten Atembewegungen zusätzlich von Hand mit einem elektrischen Signalgeber markiert.

Fetale Körperbewegungen waren auf dem Ultraschall-Bildschirm zu erkennen als Rollbewegungen um die Längsachse des Feten oder als Streck- und Krümmbewegungen mit Verschieben und Verformen des fetalen Querschnittes. Jede Körperbewegung wurde ebenfalls mit einem elektrischen Signalgeber markiert. Kräftige Körperbewegungen machten eine Korrektur der Lage des

* Hewlett-Packard 8021 A cardiograph
** Firma Kranzbühler & Sohn, Solingen

Ultraschall-Aufnehmers notwendig. Für die Dauer kräftiger Körperbewegungen des Feten waren Atembewegungen oft nicht zu erkennen.

Die fetale Herzfrequenz, die Markierung fetaler Atem- und Körperbewegungen und die Signale des TD-Recorders wurden zusammen mit einem Zeit-Code*** auf Magnetband**** aufgezeichnet.

Die Untersuchung wurde dann beendet, wenn entsprechend der Herzfrequenz- und Bewegungsmuster mindestens ein vollständiger Schlafzyklus mit ruhigem und aktivem Schlaf aufgezeichnet war, oder wenn von Seiten der Schwangeren ein weiteres Durchführen der Untersuchung nicht möglich war.

Die Aufzeichnungen des Magnetbandes wurden auf Papierstreifen übertragen und aufgrund charakteristischer Herzfrequenz- und Bewegungsmuster in Abschnitte mit ruhigem Schlaf, aktivem Schlaf und Wachphasen unterteilt (10). Die Auswertung der auf Magnetband gespeicherten Daten erfolgte mit einer elektronischen Recheneinheit*****.

Der in Prozent berechnete Anteil der Untersuchungszeit mit Atembewegungen wurde ermittelt, wobei Zeitabschnitte, die 6 Sekunden oder länger keine Atembewegungen zeigten, nicht mitgezählt wurden. Zur Kontrolle wurde der Anteil der Untersuchungszeit ohne Atembewegungen ebenfalls ermittelt. Die Frequenz der Atembewegungen wurde berechnet.

Alle Berechnungen wurden jeweils für die gesamte Untersuchung und getrennt nach ruhigem und aktivem Schlaf ausgeführt.

*** Systron Donner Time code generator/reader Model 8150
**** Ampex 2200
***** Intertechnique Physioscope

Die Gesamtuntersuchungszeit sowie die Dauer der einzelnen Untersuchungen und der Phasen mit ruhigem Schlaf, aktivem Schlaf und Wachzustand wurden ermittelt.

Alle Ergebnisse wurden dargestellt mit Mittelwert und Standardabweichung. Die Signifikanzprüfung erfolgte mit dem 2-seitigen t-test für paarige Stichproben (Signifikanzniveau 1%).

C. Untersuchungsergebnisse

Untersuchungsdauer und Dauer der verschiedenen Verhaltenszustände

Die 20 Untersuchungen hatten eine Gesamtdauer von 2 256 Minuten. Die einzelnen Untersuchungen dauerten durchschnittlich 112.8 $\pm$ 32.8 Minuten (Spannweite 51.0 - 172.0 Minuten) (Tabelle 1).

In die Berechnung der durchschnittlichen Dauer von ruhigem und aktivem Schlaf wurden unvollständig aufgezeichnete Schlafphasen zu Beginn oder am Ende einer Untersuchung nicht einbezogen. Schlafphasen mit ruhigem Schlaf traten mit einer Dauer von 19.8 $\pm$ 11.1 Minuten (Spannweite 3.0 - 35.0 Minuten) und insgesamt 404 Minuten lang auf. Schlafphasen mit aktivem Schlaf traten durchschnittlich mit einer Dauer von 58.6 $\pm$ 30.7 Minuten (Spannweite 29.0 - 101.0 Minuten) und insgesamt 1 748 Minuten lang auf (Tabelle 2).

Für die Dauer von insgesamt 104 Minuten oder 4.6% der gesamten Untersuchungszeit wurde ein für fetalen Wachzustand typisches Herzfrequenzmuster registriert.

Untersuchung	Dauer	Untersuchungszeit mit Atembewegungen	Untersuchungszeit ohne Atembewegungen	Atemfrequenz (Atembewegungen/min)
	min	%	%	
1	61.0	7.9	90.8	57.0
2	65.0	10.8	87.6	57.0
3	109.0	21.1	77.6	58.0
4	91.0	31.3	56.2	76.5
5	51.0	39.8	57.2	69.5
6	79.0	28.2	78.1	67.0
7	119.0	3.3	97.1	56.0
8	120.0	16.2	79.9	54.5
9	116.0	0.7	99.3	61.5
10	121.0	41.0	52.5	63.5
11	154.0	13.5	84.5	61.5
12	162.0	33.2	63.0	53.5
13	151.0	46.9	55.5	62.5
14	172.0	27.6	75.8	55.0
15	119.0	49.0	39.6	72.0
16	97.0	8.5	87.5	58.5
17	121.0	42.4	59.8	64.5
18	123.0	12.7	88.0	69.5
19	126.0	9.9	90.7	66.5
20	99.0	5.7	92.1	38.0
$\bar{x}$	112.8	22.5	75.6	61.1
$\pm$SD	$\pm$ 32.8	$\pm$15.6	$\pm$17.2	$\pm$ 8.3

Tabelle 1. Dargestellt sind die Werte für die Dauer der Untersuchungen, Untersuchungszeit mit Atembewegungen, Untersuchungszeit ohne Atembewegungen und Atemfrequenz mit Mittelwert und Standardabweichung.

Frequenz der Atembewegungen

Die Zahl der Atembewegungen pro Minute betrug durchschnittlich 61.1 $\pm$ 8.3 (Spannweite 38.0 - 76.5) (Tabelle 1).

Die durchschnittliche Frequenz während ruhigem Schlaf betrug 51.1 $\pm$ 15.1 (Spannweite 20.5 - 82.0) und während aktivem Schlaf 62.6 $\pm$ 8.9 (Spannweite 38.0 - 80.5). Zur Ermittlung der Frequenzwerte wurden nur Zeitabschnitte mit Atmung berücksichtigt (Tabelle 3). Die Frequenz der Atembewegungen war während aktivem Schlaf signifikant höher (Bild 1).

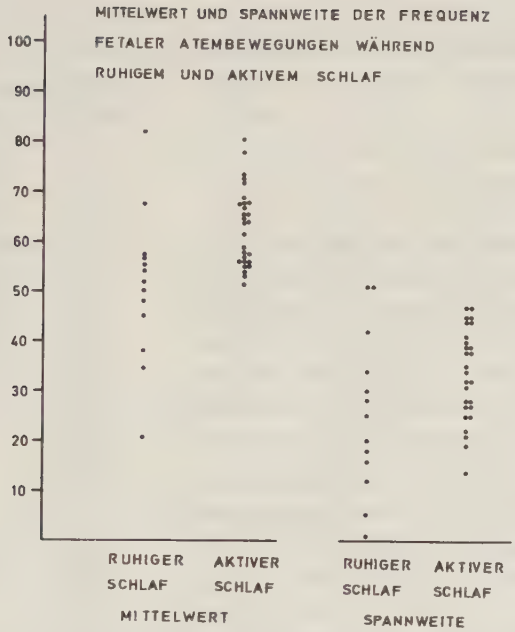

Bild 1. Dargestellt sind die Werte der Atemfrequenz während der einzelnen Schlafphasen getrennt nach ruhigem und aktivem Schlaf mit Mittelwert (links) und Spannweite (rechts). Starke Variation der Atemfrequenz während ruhigem Schlaf (20.5 - 82.0). Signifikant höhere Atemfrequenz während aktivem Schlaf.

Untersuchungszeit mit Atembewegungen

Atembewegungen waren auf dem Ultraschall-Bildschirm oft schwer oder überhaupt nicht zu erkennen, solange die Feten während einer Wachphase kräftige Körperbewegungen ausführten. Diese Wachphasen wurden deshalb für die Berechnung der Untersuchungszeit mit Atembewegungen nicht berücksichtigt. Ebensowenig zählten Zeitabschnitte mit Atempausen, die 6 Sekunden oder länger dauerten.

Untersuchungszeit mit Atembewegungen		Untersuchungszeit ohne Atembewegungen		Dauer der Phasen mit	
ruhiger Schlaf	aktiver Schlaf	ruhiger Schlaf	aktiver Schlaf	ruhigem Schlaf	aktivem Schlaf
%		%		min	
3.0	40.1	95.8	50.3	33.0	33.0
33.7	30.6	43.5	82.1	27.0	29.0
0.0	5.4	100.0	94.6	3.0	71.0
0.0	31.5	100.0	63.0	3.0	30.0
0.0	38.6	100.0	58.4	7.0	69.0
57.6	43.7	36.0	58.0	35.0	101.0
27.6	32.5	78.8	65.4	8.0	100.0
1.2	13.7	98.8	83.1	21.o	36.0
23.7		67.5		20.0	
51.8		100.0		29.0	
0.0		37.5		30.0	
0.0		100.0		27.0	
8.7		88.7		14.0	
0.0		100.0		12.0	
0.8		97.9		28.0	
$\bar{x}$ 13.8	29.5	82.9	69.4	19.8	58.6
$\pm$SD$\pm$20.1	$\pm$13.3	$\pm$24.6	$\pm$15.4	$\pm$11.1	$\pm$30.7

Tabelle 2. Dargestellt sind die Werte für die Untersuchungszeit mit Atembewegungen, die Untersuchungszeit ohne Atembewegungen und die Phasendauer getrennt für ruhigen Schlaf und aktiven Schlaf. Nur die vollständig aufgezeichneten Phasen sind berücksichtigt. Berechnet sind Mittelwert und Standardabweichung.

Atembewegungen waren zu beobachten während durchschnittlich 22.5 $\pm$ 15.6% (Spannweite 0.79 - 49.0%) der Zeitdauer der einzelnen Untersuchungen (Tabelle 1).

Insgesamt wurden 15 Phasen mit ruhigem Schlaf und 8 Phasen mit aktivem Schlaf vollständig aufgezeichnet. Während der Phasen mit ruhigem Schlaf traten Atembewegungen während durchschnittlich 13.8 $\pm$ 20.1% (Spannweite 0 - 57.6%) der Untersuchungszeit auf. Während Phasen mit aktivem Schlaf waren Atembewegungen während durchschnittlich

Atemfrequenz (Atembewegungen/min)	
ruhiger Schlaf	aktiver Schlaf
34.5	57.0
48.0	80.5
82.0	56.0
20.5	58.0
45.0	78.0
67.5	73.5
56.5	67.0
55.5	67.5
52.0	72.0
54.0	69.0
55.0	65.5
57.0	54.0
38.0	56.0
	61.5
	72.5
	68.0
	58.5
	64.0
	55.0
	53.5
	69.0
	51.5
	56.0
	72.0
	56.5
	57.5
	64.5
	65.5
	55.5
	67.5
	38.0
$\bar{x}$ 51.1	62.6
$\pm$SD $\pm$15.1	$\pm$8.9

Tabelle 3. Dargestellt sind die Werte der Atemfrequenz getrennt nach ruhigem und aktivem Schlaf mit Mittelwert und Standardabweichung.

29.5 $\pm$ 13.3% (Spannweite 5.4 - 43.7%) der Untersuchungszeit zu beobachten (Tabelle 2 und Bild 2).

Untersuchungszeit ohne Atembewegungen

Auch hier wurden Wachphasen und zu Beginn oder am Ende einer Untersuchung unvollständig aufgezeichnete Phasen mit ruhigem oder aktivem Schlaf nicht berücksichtigt. Für die Berechnung der Untersuchungszeit ohne Atembewegungen zählten nur Atempausen, die 6 Sekunden oder länger dauerten.

Atembewegungen waren während durchschnittlich 75.6 $\pm$ 17.2% (Spannweite 39.6 - 99.3%) der Zeitdauer der einzelnen Untersuchungen nicht zu beobachten (Tabelle 1). Während der Phasen mit ruhigem Schlaf waren Atempausen während durchschnittlich 82.9 $\pm$ 24.6% (Spannweite 36.0 - 100,0%) der Untersuchungszeit vorhanden. An den Phasen mit aktivem Schlaf waren Atempausen mit durchschnittlich 69.4 $\pm$ 15.4% (Spannweite 50.3 - 94.6%) der Untersuchungszeit beteiligt (Tabelle 2).

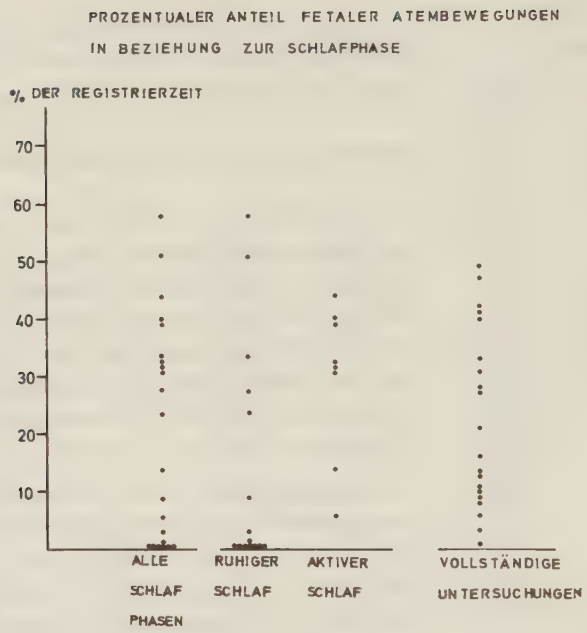

Bild 2. Zeitanteil mit Atembewegungen. Links: Zeitanteil mit Atembewegungen während vollständig aufgezeichneter Schlafphasen. Man sieht, daß Atembewegungen in unterschiedlichem prozentualem Anteil auftreten (0 - 57%). Während 6 Schlafphasen waren keine Atembewegungen vorhanden. Mitte: Zeitanteil mit Atembewegungen getrennt nach ruhigem und aktivem Schlaf. Phasen ohne Atembewegungen treten nur während ruhigem Schlaf auf. Rechts: Zeitanteil fetaler Atembewegungen bezogen auf die gesamte Untersuchungszeit einzelner Untersuchungen. Atembewegungen sind bei allen Untersuchungen, jedoch in sehr unterschiedlichem Ausmaß vorhanden.

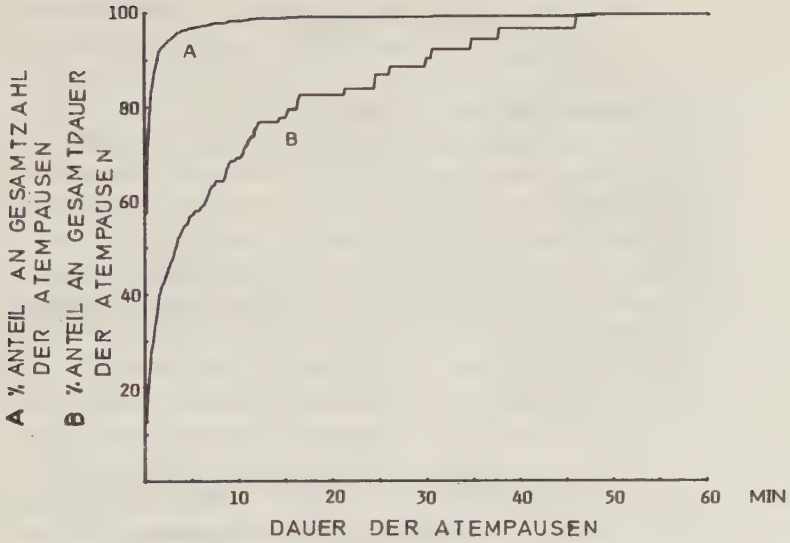

Bild 3. Häufigkeitsverteilung der Gesamtzahl der Atempausen (A) und Häufigkeitsverteilung der gesamten Untersuchungszeit ohne Atembewegungen (B) bezogen auf die Dauer der Atempausen.

Die Dauer der Atempausen variierte zwischen 6 Sekunden und 46 Minuten. Atempausen zwischen 6 Sekunden und 12 Sekunden hatten einen Anteil von 58% an der Zahl aller Atempausen, aber nur einen Anteil von 13% an der Untersuchungszeit ohne Atembewegungen. Atempausen von 10 Minuten Dauer und mehr hatten einen Anteil von 1.4% an der Zahl aller Atempausen, aber einen Anteil von 30% an der Untersuchungszeit ohne Atembewegungen. Atempausen von 30 Minuten Dauer und mehr zeigten einen Anteil von 0.22% an der Zahl aller Atempausen, aber einen Anteil von 10% an der Untersuchungszeit ohne Atembewegungen (Bild 3).

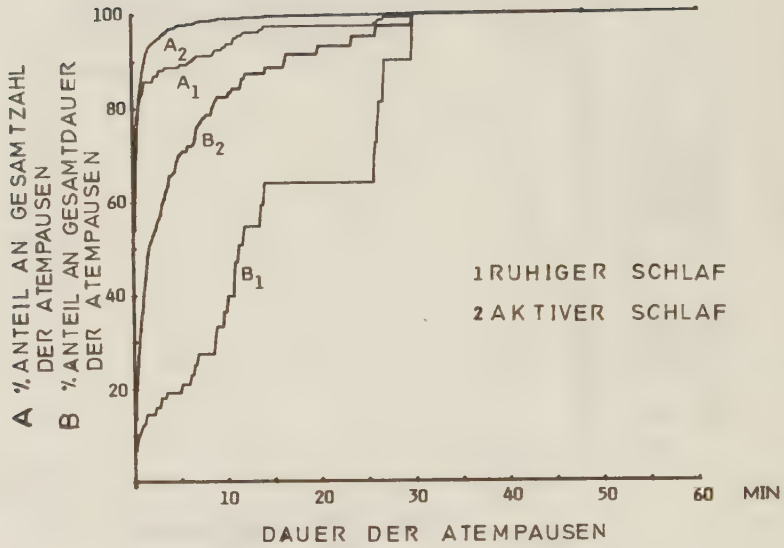

Bild 4. Häufigkeitsverteilung der Gesamtzahl der Atempausen (A) und Häufigkeitsverteilung der gesamten Untersuchungszeit ohne Atembewegungen (B) bezogen auf die Dauer der Atempausen, getrennt dargestellt für ruhigen Schlaf (A_1, B_1) und aktiven Schlaf (A_2, B_2).

Die Verteilung der Atempausen getrennt nach ruhigem und aktivem Schlaf zeigte, daß während ruhigen Schlafphasen längere Atempausen auftreten im Vergleich zu aktiven Schlafphasen (Bild 4).

Koordination der Atembewegungen zu den Phasen mit ruhigem und aktivem Schlaf

Insgesamt wurden 15 Phasen mit ruhigem Schlaf vollständig aufgezeichnet. 7 Phasen zeigten keine Atembewegungen. Während 8 Phasen traten Atembewegungen in unterschiedlicher Zahl auf. Bei 2 Phasen stimmten Ende und Beginn der Atemaktivität mit dem Beginn und Ende des ruhigen Schlafes überein. Hier war während ruhigem Schlaf keine Atemaktivität vorhanden (Bild 5). Bei 3 weiteren Phasen stimmten entweder nur das Ende der Atemaktivität mit dem Beginn des ruhigen Schlafes oder nur der Beginn der Atemaktivität mit dem Beginn des aktiven Schlafes überein (Bild 6 und 7). Andere Phasen zeigten kontinuierliche Atemaktivität beim Übergang von ruhigem zu aktivem oder bei aktivem zu ruhigem Schlaf und Beginn oder Ende der Atemaktivität im Verlauf der Phasen mit ruhigem und aktivem Schlaf (Bild 6 und 7).

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß eine feste Koordination zwischen dem Auftreten von Atembewegungen und dem Auftreten von aktivem und ruhigem Schlaf nicht besteht.

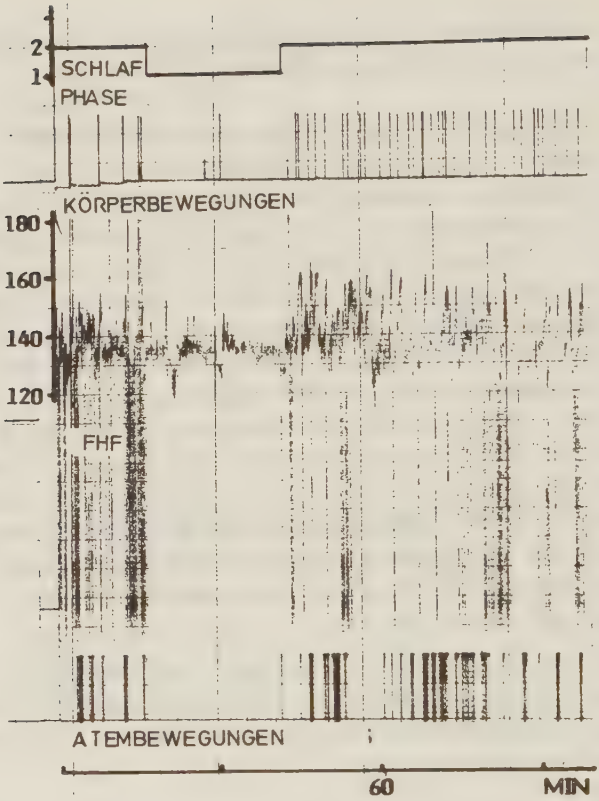

Bild 5. Gemeinsame Aufzeichnung von Atembewegungen, Herzfrequenz (FHF) und Körperbewegungen des Feten mit Unterteilung in aktiven und ruhigen Schlaf. Atembewegungen treten während aktivem Schlaf (2) auf. Während ruhigem Schlaf (1) sind keine Atembewegungen vorhanden.

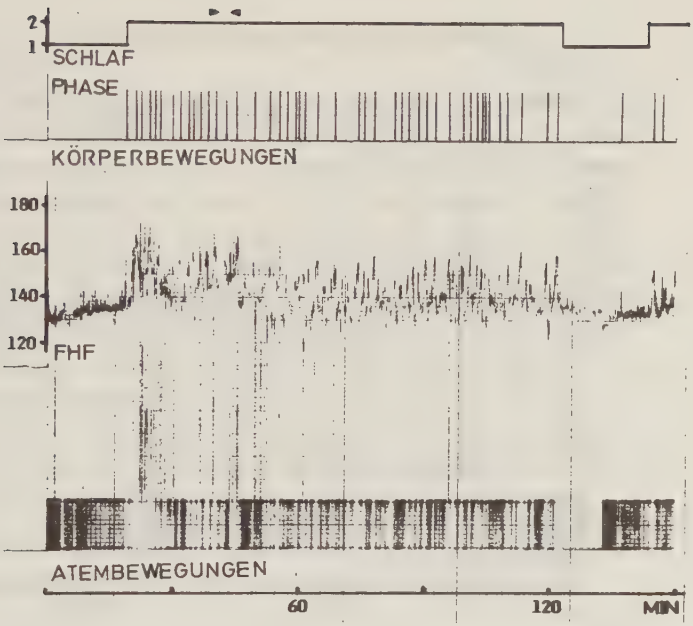

Bild 6. Gemeinsame Aufzeichnung von Atembewegungen, Herzfrequenz und Körperbewegungen des Feten mit Unterteilung in aktiven und ruhigen Schlaf. Atembewegungen treten fast regelmäßig und häufig auf während der ruhigen Schlafphase (links) und der darauffolgenden Phase aktiven Schlafs. Ende der Atembewegungen bei Übergang von aktivem zu ruhigem Schlaf. Erneutes Auftreten der Atembewegungen während dieser Phase mit ruhigem Schlaf.

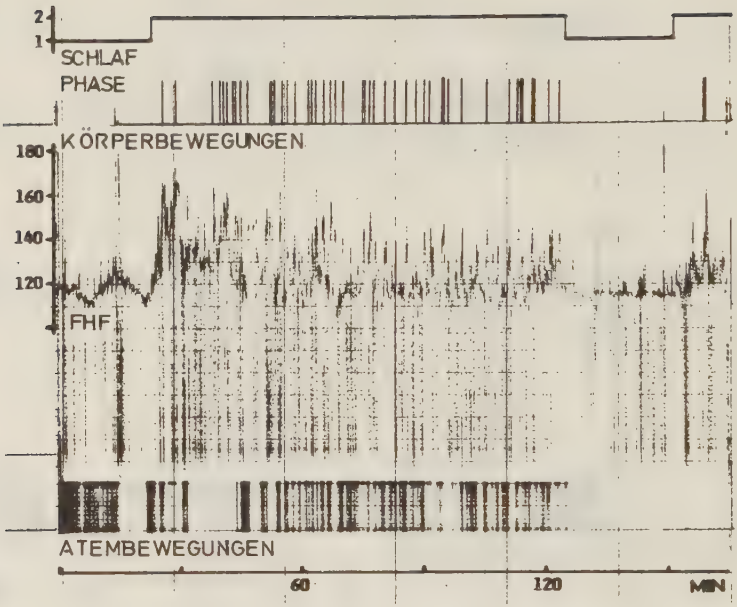

Bild 7. Gemeinsame Aufzeichnung von Atembewegungen, Herzfrequenz und Körperbewegungen des Feten mit Unterteilung in aktiven und ruhigen Schlaf. Atembewegungen sind zu Beginn der ruhigen Schlafphase vorhanden. Ende der Atemaktivität während dieser Phase und erneuter Beginn beim Übergang in die nächste aktive Schlafphase. Ende der Atemaktivität beim Übergang zur nächsten ruhigen Schlafphase und kein erneuter Beginn der Atembewegungen bei Beginn der nächsten aktiven Schlafphase.

Variation der Herzfrequenz bei Atembewegungen

Einzelne Untersuchungsabschnitte mit Atembewegungen während ruhigem und aktivem Schlaf wurden bei größerer Papiergeschwindigkeit aufgezeichnet. Die auf diese Weise gedehnt dargestellte Herzfrequenzkurve zeigte unterschiedliche Änderungen beim Auftreten von Atembewegungen. Einmal zeigte die Herzfrequenz bei Beginn von Atembewegungen keine Änderung (Bild 8). Ein anderer Untersuchungsabschnitt zeigte ein kurzfristiges Absinken der Herzfrequenz in Verbindung mit dem Beginn von Atembewegungen (Bild 9).

Andere Untersuchungsabschnitte mit Atembewegungen waren entweder von erhöhter Herzfrequenz oder von kontinuierlich verminderter Herzfrequenz begleitet (Bild 10 und 11).

Während regelmäßiger Atembewegungen zeigte die Herzfrequenz einmal eine eingeschränkte Variabilität und an anderer Stelle erhöhte Variabilität (Bild 12 und 13).

Die Aufzeichnung der Herzfrequenz bei sehr hoher Papiergeschwindigkeit zeigte eine Variation, bei der die Herzfrequenz sich durch Anstieg der Frequenz in der Einatemphase und Absinken der Frequenz in der Ausatemphase der Atembewegungen änderte. Diese Variation war nicht während der gesamten Atemaktivität vorhanden (Bild 14).

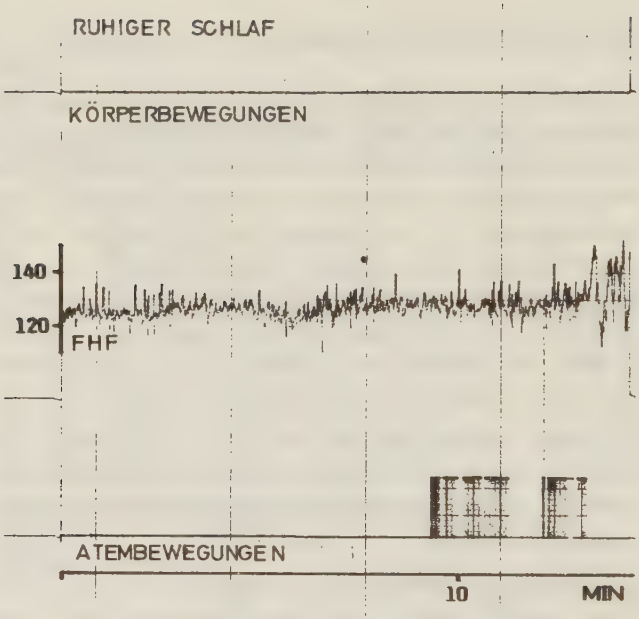

Bild 8. Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Keine Änderung der Herzfrequenz bei Beginn der Atembewegungen.

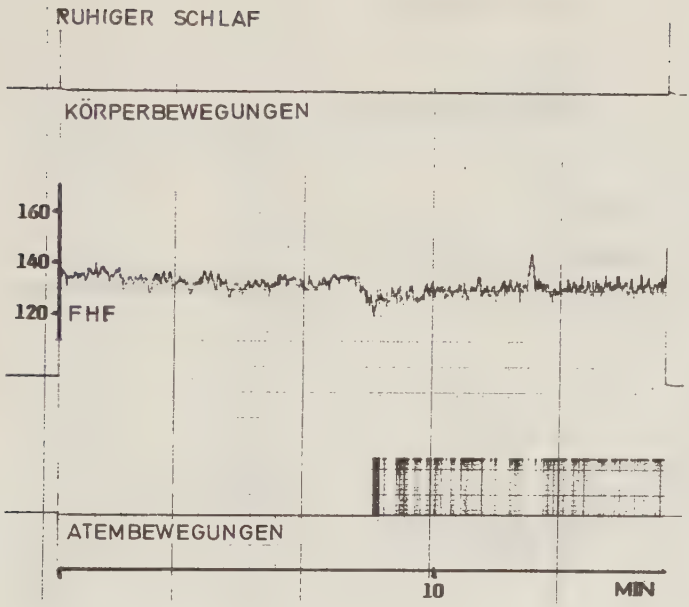

Bild 9. Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Mit Beginn der Atemaktivität erfolgt ein kurzfristiges Absinken der Herzfrequenz.

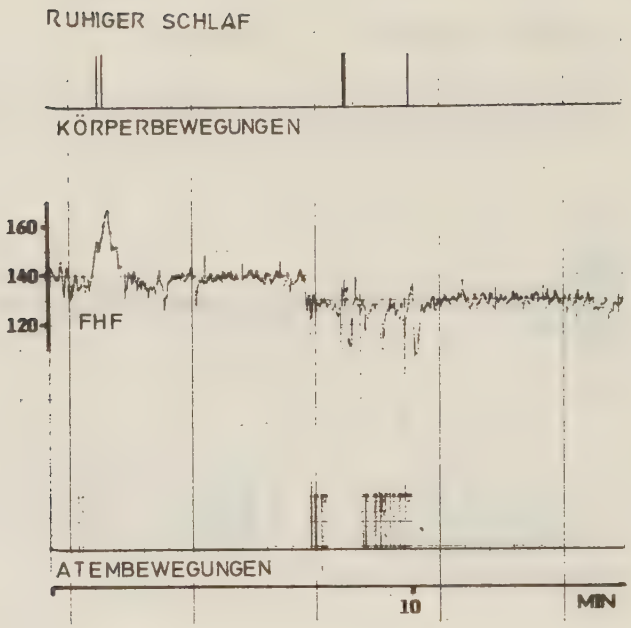

Bild 10. Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Verminderte Herzfrequenz während Atembewegungen ohne Rückkehr zur Ausgangsfrequenz bei Ende der Atemaktivität.

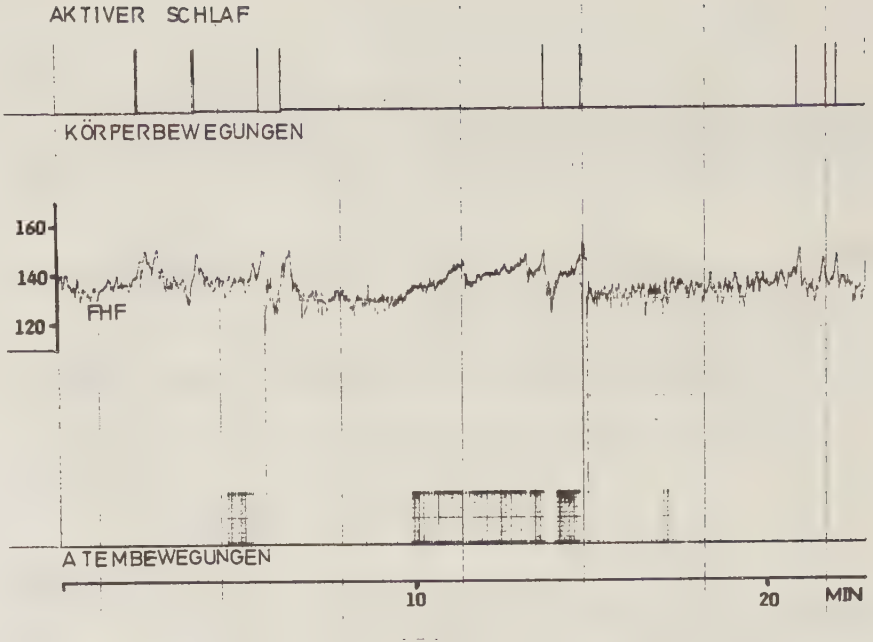

Bild 11. Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Erhöhte Herzfrequenz während regelmäßiger Atembewegungen mit Rückkehr zur Ausgangsfrequenz bei Ende der Atembewegungen.

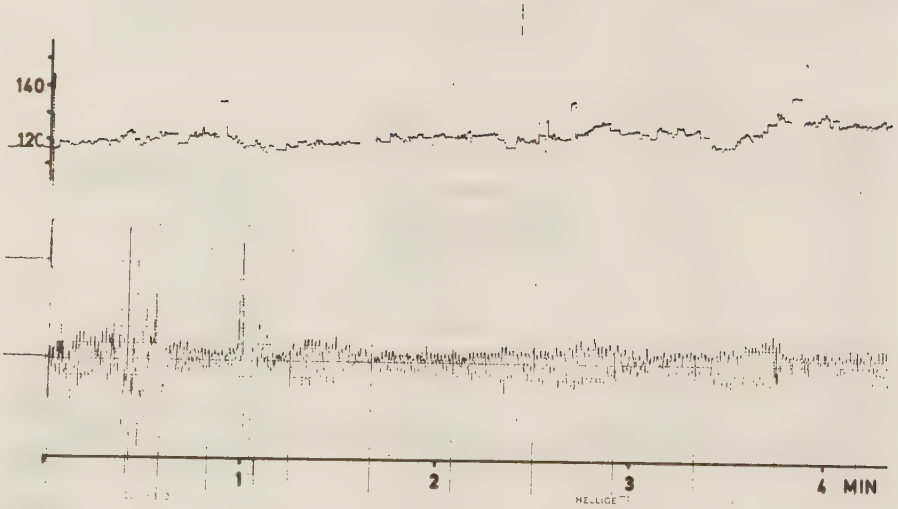

Bild 12. Mit dem TD-Recorder aufgezeichnete Atembewegungen (untere Kurve) und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Während regelmäßig auftretender Atembewegungen eingeschränkte Variabilität der Herzfrequenz.

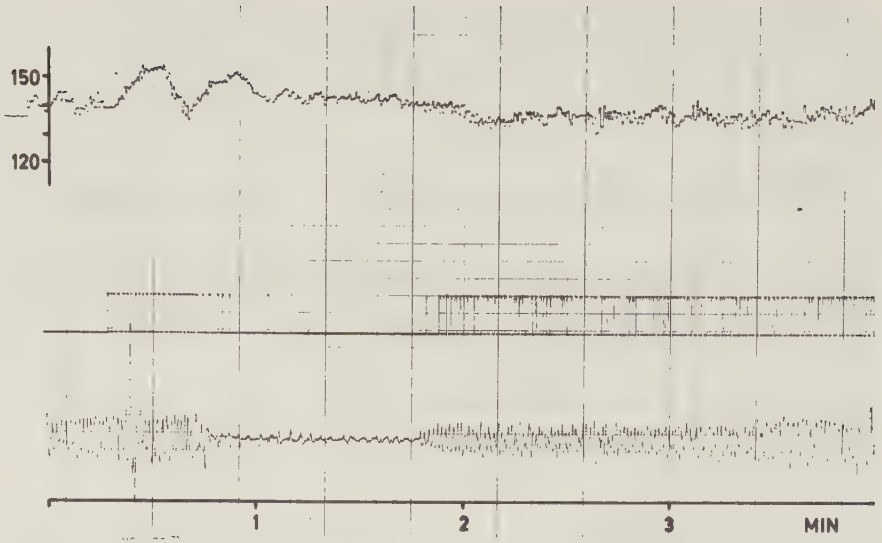

Bild 13. Mit dem TD-Recorder aufgezeichnete Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Links im Bild erhöhte Variabilität der Herzfrequenz, rechts eingeschränkte Variabilität während Atembewegungen. Die Aufzeichnungen der Atembewegungen mit dem TD-Recorder (untere Kurve) und von Hand (mittlere Kurve) zeigen gute Übereinstimmung.

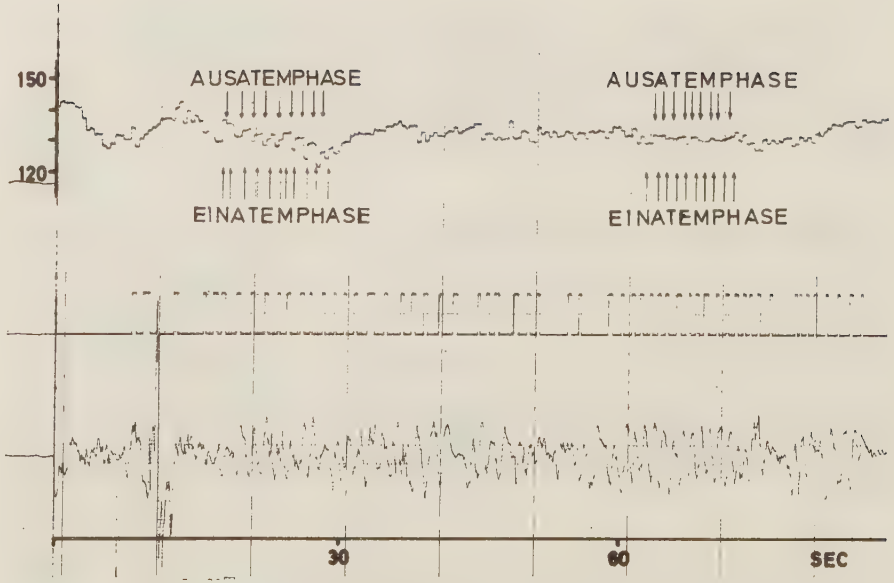

Bild 14. Atembewegungen und Herzfrequenz bei erhöhter Papiergeschwindigkeit gedehnt dargestellt. Links im Bild Anstieg der Herzfrequenz in der Einatemphase und Absinken der Herzfrequenz in der Ausatemphase der Atembewegungen. Rechts im Bild zeigt sich diese Variation der Herzfrequenz nicht.

Diskussion

Grundlagen über die Physiologie fetaler Atembewegungen wurden durch Untersuchungen an Tierfeten ermittelt. Dawes (6, 7) beschrieb bei Schaffeten einen Ruhe- und Aktivitätszyklus mit ruhigen und aktiven Schlafphasen. Diese unterschiedlichen Verhaltenszustände wurden auch beim fetalen Rhesusaffen nachgewiesen (17). Es zeigte sich, daß fetale Atembewegungen sowohl bei Schaffeten als auch bei fetalen Rhesusaffen nur während der aktiven Schlafphasen auftraten, während sich die Atempausen über die ruhigen Schlafphasen erstreckten (7, 17). Beim fetalen Rhesusaffen wurde eine Reaktion der Herzfrequenz auf fetale Atembewegungen in Form einer respiratorischen Arrhythmie beobachtet (17).

Die Untersuchungen an Schaffeten und fetalen Rhesusaffen zeigten, daß bei fetaler Gefährdung durch Hypoxie die Zahl der Atembewegungen abnimmt oder die Atembewegungen aufhören (2, 17, 22).

Untersuchungen mit Neugeborenen ergaben, daß unterschiedliche Verhaltenszustände beim Menschen von typischen Bewegungs- und Herzfrequenz-Mustern begleitet sind. Auch zeigten sich entsprechend der Schlafphasen Unterschiede in der Atmung (24). Bei vergleichenden Untersuchungen fand Junge (10) diese Muster der Herzfrequenz und Körperbewegungen auch bei menschlichen Feten und konnte damit die Existenz von ruhigen Schlafphasen, aktiven Schlafphasen und Wachphasen beim Feten nachweisen. In anderen Untersuchungen wurde ein fetaler Ruhe- und Aktivitätszyklus beim Menschen beobachtet mit dem Auftreten von fetalen Atembewegungen nur während der aktiven Phase (21, 25). Patrick und Mitarbeiter (21) hielten die Phasen des Ruhe- und Aktivitätszyklus für ruhigen und aktiven Schlaf

und äußerten die Vermutung, daß fetale Atembewegungen beim Menschen nur während der aktiven Schlafphasen auftreten.

Eine Reaktion der Herzfrequenz auf Atembewegungen des Feten in Form einer respiratorischen Arrhythmie wurde auch beim Menschen beobachtet (26).

Fetale Atembewegungen wurden beim Menschen mit verschiedenen Methoden untersucht und man fand ebenfalls bei gefährdeten Feten und bei Risikogruppen eine Abnahme der Atembewegungen (8, 13, 23, 28). Auf Grund dieser Ergebnisse nahm man an, daß ein fetaler Notzustand an der Abnahme der Zahl der Atembewegungen des Feten erkannt werden kann. Um die Überwachung fetaler Atembewegungen am Ende der Schwangerschaft klinisch einsetzen zu können, sind weitere Kenntnisse über die Physiologie und Pathologie fetaler Atembewegungen notwendig.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung bringen Hinweise auf die Art der Beziehung zwischen fetalen Atembewegungen und fetalen Verhaltenszuständen beim Menschen. Bei kontinuierlich auftretenden Atembewegungen waren Beginn und Ende der Atemaktivität gut zu bestimmen. Dies war dagegen schwierig, wenn die Atembewegungen unregelmäßig und mit vielen kurzen Atempausen auftraten. Bei einem Teil der Untersuchungen waren Atembewegungen während einer aktiven Schlafphase vorhanden und beim Übergang von aktivem zu ruhigem Schlaf setzte eine Atempause ein, wobei Atembewegungen erst wieder zu Beginn der nächsten aktiven Schlafphase auftraten. Hier scheint die Atemaktivität eng mit dem Verhaltenszustand koordiniert zu sein, wobei diese enge Koordination nur bei wenigen Feten und nie bei mehreren aufeinanderfolgenden Schlafphasen desselben Feten zu finden war.

Öfters waren im Verlauf einer Untersuchung das Ende der Atemaktivität nur bei Übergang von aktivem in ruhigen Schlaf oder der Beginn der Atembewegungen nur beim Übergang von ruhigem in aktiven Schlaf zu sehen. Der erneute Beginn oder das Ende von Atembewegungen waren dann erst während der nächsten oder der darauf folgenden Schlafphase zu sehen.

Die Atembewegungen traten während aktivem Schlaf im Vergleich zu ruhigem Schlaf in größerer Zahl auf. Mehrere Phasen mit ruhigem Schlaf zeigten keine Atembewegungen.

Die Frequenz der Atembewegungen war im Vergleich zu ruhigem Schlaf während aktivem Schlaf signifikant höher.

Die Herzfrequenz im Verlauf von ruhigem und aktivem Schlaf zeigte bei Atemaktivität keine einheitliche Reaktion. Einmal waren beginnende Atembewegungen von kurzfristigem Absinken der Herzfrequenz begleitet. Bei anderen Untersuchungsabschnitten war diese Veränderung nicht zu beobachten. Atemaktivität war teilweise von erhöhter oder auch von kontinuierlich verminderter Herzfrequenz, teilweise von erhöhter oder auch von eingeschränkter Herzfrequenz-Variabilität begleitet. Eine Reaktion der fetalen Herzfrequenz auf die Atembewegungen des Feten in Form einer respiratorischen Arrhythmie war zu beobachten, erfolgte jedoch nicht auf alle Atembewegungen.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß beim Menschen offensichtlich nur eine unvollständige Koppelung zwischen fetalem Atemzentrum und den für die Verhaltenszustände des Feten verantwortlichen Zentren des zentralen Nervensystems vorhanden ist. Bei Tierfeten, bei denen fetale Atembewegungen nur während aktivem Schlaf beobachtet wurden, scheint dagegen eine feste Koordination zwischen Verhaltenszustand und Atemaktivität zu bestehen.

Die Aufzeichnung fetaler Atembewegungen erfolgte bisher meist über einen Zeitraum von 30 Minuten. Unterschiedliche Methoden, wie mechanische Ableitung mit Kymographen oder Tokodynamometern (27) und verschiedene Ultraschallverfahren (3, 5, 12, 15, 25, 28) wurden angewandt. Die Atemaktivität als Teil der Untersuchungszeit mit Atembewegungen wurde mit unterschiedlichen Berechnungsweisen ermittelt. Ein Teil der Autoren zählte Zeitabschnitte ohne Atembewegungen für 6 Sekunden oder länger und Zeitabschnitte mit fetalen Körperbewegungen nicht (19, 20, 21, 25, 28). Andere Autoren nahmen Zeitabschnitte mit fetalen Körperbewegungen in die Berechnung auf (15). Zum Teil wurden auch Zeitabschnitte, während denen fetale Atembewegungen nicht klar zu erkennen waren, nicht mitgezählt (12). Diese uneinheitlichen Untersuchungsmethoden und Berechnungsweisen lassen einen Vergleich der bisher ermittelten Werte fetaler Atemaktivität nicht zu. Zudem zeigte die kontinuierliche Aufzeichnung fetaler Atembewegungen über mehrere Stunden, daß beim gesunden Feten ausgedehnte Atempausen auftreten (20, 21). Auch in der eigenen Untersuchung waren, verglichen mit einer Beobachtungszeit von 30 Minuten, lange Zeiträume ohne Atembewegungen häufig zu sehen, einerseits durch den Einfluß der Schlafphasen, andererseits auch durch noch unbekannte Faktoren bedingt. Der Einfluß von Glukose und Nikotin auf die fetale Atemaktivität ist bekannt (9, 12, 14, 19). Man muß daher annehmen, daß die während 30 Minuten ermittelte fetale Atemaktivität nicht allein vom fetalen Gesundheitszustand sondern wesentlich auch von anderen Faktoren beeinflußt wird und damit kein zuverlässiger Parameter ist, um eine Gefährdung des Feten sicher zu erkennen. Diese Meinung vertreten auch andere Autoren (5, 20, 21).

Zur Ermittlung fetaler Atemaktivität sollte die Aufzeichnung fetaler Atembewegungen unter Verwendung einer zuverlässigen und standardisierten Untersuchungsmethode über einen längeren Zeitraum erfolgen. Durch gleichzeitig erfolgende Aufzeichnung der fetalen Herzfrequenz und Bewegungsaktivität sollten die fetalen Verhaltenszustände bestimmt werden und danach die Berechnung der Atemaktivität getrennt für ruhigen Schlaf, aktiven Schlaf und die Wachphasen des Feten durchgeführt werden.

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat das Registrieren fetaler Atembewegungen wachsendes klinisches Interesse gefunden. Die bisherigen Untersuchungen haben zu der Annahme geführt, daß die Ermittlung der fetalen Atemaktivität das rechtzeitige Erkennen einer fetalen Gefährdung ermöglicht. Neueste Untersuchungen haben jedoch Hinweise darauf ergeben, daß die Zahl der fetalen Atembewegungen nicht nur vom fetalen Gesundheitszustand und anderen bekannten und noch unbekannten Faktoren abhängt, sondern wesentlich auch von zyklisch wechselnden Schlaf- und Wachphasen des Feten beeinflußt wird. Es besteht daher die Annahme, daß die während eines kurzen Zeitraumes von 30 Minuten ermittelte Atemaktivität kein absolutes Maß für den Gesundheitszustand des Feten darstellt. Aus diesem Grund wurden 20 Schwangere mit normaler Schwangerschaft einer Untersuchung unterzogen, bei der gleichzeitig die Körperbewegungen und die Herzfrequenz des Feten (zur Bestimmung der fetalen Schlaf- und Wachphasen) sowie die fetalen Atembewegungen registriert wurden.

Die Untersuchungen dauerten 112.8 $\pm$ 32.8 Minuten. Zeitabschnitte mit Atembewegungen hatten einen Anteil

von 22.5 ± 15.6% an den einzelnen Untersuchungen. Die Frequenz der Atembewegungen wurde mit 61.1 ± 8.3 ermittelt.

Die Unterteilung in die einzelnen Schlafphasen ergab 15 Perioden mit ruhigem Schlaf mit einer Dauer von 19.8 ± 11.1 Minuten und einem Zeitanteil mit Atembewegungen von 13.8 ± 20.1%. 7 Phasen zeigten keine Atembewegungen. 2 Phasen zeigten Ende der Atemaktivität mit Beginn der ruhigen Phase und Beginn der Atembewegungen bei Übergang zur nächsten aktiven Phase. 3 Phasen zeigten nur entweder den Beginn fetaler Atembewegungen bei Übergang in eine aktive Schlafphase oder das Ende der Atemaktivität beim Übergang in eine ruhige Schlafphase.

8 Phasen mit aktivem Schlaf wurden registriert mit einer Dauer von 58.6 ± 30.7 Minuten und einem Zeitanteil mit Atembewegungen von 29.5 ± 13.3%. Alle Phasen zeigten Atembewegungen.

Atempausen zeigten sich mit einer Dauer von 6 Sekunden bis 46 Minuten, wobei die Atempausen über 30 Minuten Dauer einen Anteil von nur 0.22% an der Zahl aller Atempausen aufwiesen, aber trotzdem mit 10% an der Gesamtregistrierzeit ohne Atembewegungen beteiligt waren.

Die Ergebnisse sprechen dafür, daß nur eine relative Koordination zwischen dem Auftreten fetaler Atembewegungen und dem fetalen Verhaltenszustand beim Menschen besteht. Auch scheint die Ermittlung fetaler Atemaktivität über einen Zeitraum von nur 30 Minuten für die Überwachung des Feten nicht ohne Einschränkung geeignet zu sein.

Literaturverzeichnis

1. Ahlfeld, F.: Über bisher noch nicht beschriebene intrauterine Bewegungen des Kindes, Verh. Dtsch. Ges. Gynaecol. 2: 203, 1888.

2. Boddy, K., G. S. Dawes, R. Fisher, S. Pinter, I. S. Robinson: Foetal respiratory movements, electrocortical and cardiovascular responses to hypoxemia and hypercapnia in sheep. J. Physiol. 243 (1974) 599.

3. Boddy, K., J. S. Robinson: External method for detection of fetal breathing in utero, Lancet 2 (1971) 1231.

4. Bots, R. S. G. M., G. H. B. Broeders, D. T. Farman: The dynamics of human fetal breathing movements, a multiscan echofetographic approach, Europ. J. Obstet. Gynec. Reprod. Biol., 6/6 (1976) 339 - 345.

5. Bots, R. S. G. M., G. H. B. Broeders, D. J. Farman, M. J. Haverkorn, L. A. M. Stolte: Fetal breathing movements in the normal and growth-retarded human fetus: a multiscan/M-mode echofetographic study, Europ. J. Obstet. Gynec. Reprod. Biol. 8/1 (1978) 21.

6. Dawes, G. S., H. E. Fox, B. M. Leduc, G. C. Liggins, R. T. Richards: Respiratory movements and paradoxical sleep in the foetal lamb,Journal of Physiology, 210 (1970) 47.

7. Dawes, G. S., H. E. Fox, B. M. Leduc, G. C. Liggins, R. T. Richards: Respiratory movements and rapid eye movement sleep in the foetal lamb, J. Physiol. 220 (1972) 119 - 143

8. Dawes, G. S.: Fetal breathing, Amer. Rev. Respirat. Dis. 115 (6II) (1977) 5 - 10

9. Gennser, G., K. Maršál, B. Brantmark: Maternal smoking and fetal breathing movements, Am. J. Obst. Gynecol. 123 (1975) 861 - 867

10. Junge, H. D.: Behavioral states and state related heart rate and motor activity patterns in the newborn infant and the fetus ante partum- A comparative study. I. Technique, illustration of recordings, and general results, J. Perinat. Med. 7 (1979) 85 - 107

11. Junge, H. D.: Behavioral states and state related heart rate and motor activity patterns in the newborn infant and the fetus ante partum - A comparative study. II. Computer analysis of state related heart rate baseline and macrofluctuation patterns, J. Perinat. Med. 7 (1979) 134 - 148

12. Lewis, P. J., B. J. Trudinger, J. Mangez: Effect of maternal glucose ingestion on fetal breathing and body movements in late pregnancy, Brit. J. Obstet. Gynecol. 85 (1978) 86 - 89

13. Manning, F. A., L. D. Platt: Fetal breathing movements and the abnormal contraction stress test, Amer. J. Obstet. Gynecol. 133 (1979) 590 - 593

14. Manning, F. A., C. Feyerabend: Cigarette smoking and fetal breathing movements, Brit. J. Obstet. Gynecol. 83 (1976) 262 - 270

15. Maršál, K.: Fetal breathing movements. Characteristics and Clinical Significance, Obstet.Gynecol. 52/4 (1978) 394 - 401

16. Maršál, K., G. Gennser, K. Lindström: Real-time ultrasonography for quantified analysis of fetal breathing movements, The Lancet 2 (1976) 718 - 719

17. Martin, C. B., Y. Murati, R. H. Petrie, J. T. Parer: Respiratory movements in fetal rhesus monkeys, Am. J. Obst. Gynecol. 119 (1974) 939 - 948

18. Merlet, C., J. Hoerter, C. Devilleneuve, C. Tchobroutsky: Mise en evidence de mouvements respiratoires chez le foetus d'agneau in utero, J. Physiol. 220 (1972) 119

19. Natale, R., J. Patrick, B. Richardson: Effects of human maternal venous plasma glucose concentrations on fetal breathing movements, Am. J. Obst. Gynec. 132 (1978) 36 - 41

20. Patrick, J., W. Fetherston , H. Vick, R. Voegelin: Human fetal breathing movements and gross fetal body movements at weeks 34 to 35 of gestation Am. J. Obst. Gynec. 130 (1978) 693 - 699

21. Patrick, J., R. Natale, B. Richardson: Patterns of human fetal breathing activity at 34 to 35 weeks' gestational age, Am. J. Obst. Gynec. 132 (1978) 5o7 - 513

22. Patrick, J. E., K. J. Dalton, G. S. Dawes: Breathing patterns before death in fetal lambs, Am. J. Obst. Gynec. 125 (1976) 73 - 78

23. Platt, L. D., F. A. Manning, M. Lemay, L. Sipos: Human fetal breathing: Relationship to fetal condition, Am. J. Obst. Gynec. 132 (1978) 514 - 518

24. Prechtl, H. F. R.: The behavioural states of the newborn infant (a review), Brain Research 76 (1974) 185 - 212

25. Richardson, B., R. Natale, J. Patrick: Human fetal breathing activity during electively induced labor at term, Am. J. Obst. Gynec. 133 (1979) 247 - 255

26. Timor-Tritsch, I., I. Zador, R. H. Hertz, M.G.Rosen: Human fetal respiratory arrhythmia, Am. J. Obst. Gynec. 127 (1977) 662 - 666

27. Timor-Tritsch, I. E., L. J. Dierker jr., R. H. Hertz, I. Zador, M. G. Rosen: Human fetal respiratory movements: a technique for noninvasive monitoring with the use of a tocodynamometer, Biol. Neonate 36 (1979) 18 - 24

28. Trudinger, B. J., P. J. Lewis, J. Mangez, E. O'Connor: Fetal breathing movements in high risk pregnancy, Brit. J. Obst. Gynec. 85 (1978) 662 - 667

Lebenslauf

Ich, Ulrich Troester, bin deutscher Staatsangehöriger und am 29. Januar 1951 in Stuttgart als zweites Kind des Kaufmannes Richard Troester und dessen Ehefrau Lili, geborene Buck, geboren. Meine Schuljahre verbrachte ich in Stuttgart und legte dort im Juni 1970 am Schickhardt-Gymnasium meine Reifeprüfung ab. Auf Grund neunmaliger Ablehnung meiner Bewerbungen um einen Medizin-Studienplatz arbeitete ich bis Herbst 1972 als Praktikant in einem Stuttgarter Zahnlabor. Vom Wintersemester 1972/73 an war ich an der Universität Tübingen immatrikuliert und studierte dort die Fächer Volkswirtschaft und Rechtswissenschaften. Zum Wintersemester 1975/76 wechselte ich an die Universität Würzburg, an der ich seither das Fach Human-Medizin studierte und nun im Wintersemester 1981/82 am 3. November die ärztliche Prüfung abgelegt habe.

Ulrich Troester